

【原著論文】

**多面的な思考を促す理科授業に関する研究
—高等学校「化学」における生徒による相互評価を通して—**

上村 礼子*1・雲財 寛*2・稲田 結美*2・角屋 重樹*2

*1 日本体育大学大学院教育学研究科博士前期課程

*2 日本体育大学

本研究では、高等学校化学の授業において、実験レポートの内容に対する相互評価と自己評価を導入することで、生徒の多面的な思考が促されるかを明らかにした。具体的には、「無機物質」の単元の4回の実験後に、実験レポートへの相互評価を受けたうえで、自己評価を記述させ、その記述内容を分析した。その結果、相互評価活動を繰り返し実施することによって、「新たな視点への気づきや変換」、「新たな取組みについての発想の広がり」、「自己の取組みの改善点の指摘」といった多面的な思考が見られる記述が増加した。加えて、他者との関わりを意識した記述も見られ、実験レポートに対する相互評価活動によって、生徒の多面的な思考が促されることが示唆された。

キーワード：他者との関わり，相互評価，多面的な思考

Research on Science Class to Promote Multifaceted Thinking
—By Students in High School "Chemistry"
Through Mutual Evaluation—

Reiko KAMIMURA^{*1} · Hiroshi UNZAI^{*2} · Yumi INADA^{*2} · Shigeki KADOYA^{*2}

^{*1} Graduate Student of Master Course, Graduate School of Education,
Nippon Sport Science University

^{*2} Nippon Sport Science University

In this study, it was clarified in the high school chemistry class that introducing the mutual evaluation and self-evaluation of the contents of the experiment report would promote the multifaceted thinking of the students. Specifically, after four experiments of "inorganic substance" unit, after receiving mutual evaluation to the experimental report, self-evaluation was made to be described and the contents of the description were analyzed. As a result, by carrying out mutual evaluation activities repeatedly, multifaceted thinking such as "awareness and conversion to new perspectives," "Spread of ideas about new initiatives," and "pointing out improvement points of one's own efforts" can be seen. Descriptions have increased. In addition, it was also found that the descriptions were conscious of the interaction with others, and it was suggested that the mutual evaluation activities on the experimental report would promote the students' multifaceted thinking.

Key Words: interaction with others, mutual evaluation, multifaceted thinking

1. 研究の背景

中央教育審議会（2015, p. 18）による第 101 回配布資料 2-1.教育課程企画特別部会論点整理では、「他者との協働や外界との相互作用を通じて、自らの考えを広げ深める、対話的な学びが実現できているかどうか」という視点に立って、学び全体を改善していくことが重要であると指摘している。具体的には、「身に付けた知識や技能を定着させるとともに、物事の多面的で深い理解に至るためには、多様な表現を通じて、教師と子供や、子供同士が対話しそれによって思考を広げ深めていくこと」が求められている。

しかし、中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会教育課程企画特別部会（2015, p. 32）は、高等学校の教師は生徒同士が他者と関わる活動の時間設定への意識が弱いことを課題としている。また、ベネッセ教育研究所（2016, p. 17）の第 6 回学習基本調査（高等学校）では、教師が授業で「多くするように心がけている」時間は、小学校・中学校では「児童・生徒が考えたり話し合ったりする時間」であるのに対して、高等学校では「教師からの解説の時間」となっているということを指摘している。これらによると、高等学校では、小学校や中学校と比べて、子供同士が話し合う時間が少ないとわかる。

理科における他者との関わりについての先行研究では、例えば高見・木下（2017）の研究があり、中学校理科の「化学変化」の授業において、「他者との関わりを契機として、自身の仮説を反省的に振り返って考えたり、合理的な考え方をしたりする思考を生徒が働かせることができるようになった」ことを報告している。これにより、高等学校理科においても、他者と関わる活動が必要であることが推察され、生徒同士で指摘し合ったり、相手の記述の良い点について評価し合ったりする活動を取り入れることで、今まで考えていなかったことに気付く思考の変換が起きるという多面的な思考への広がり期待できる。

なお、本研究における多面的思考については、次のように捉えた。角屋（2013, pp. 30-34）は理

科の問題解決活動で育つ人間性の一つとして「仮説や観察・実験方法の変更に伴う柔軟性」をあげている。角屋ら（2018）は柔軟性について多面的思考を意味するとし、多面的思考は「視点を変換したり、いろいろな側面から考えたりする思考」であると述べている。

生徒同士で指摘し合ったり、相手の記述の良い点について評価し合ったりする活動として相互評価があげられるが、藤原ら（2007）は相互評価における学習効果について、「他の学習者を評価することは自らを見直す機会となり、評価すること自体が自己へのフィードバックにつながる」と捉えている。つまり、相互評価を行いながら、自己の振り返りを行うことにつながると考えている。

理科における相互評価を用いた学習活動についての先行研究には、例えば飯田・後藤（2015）の研究があり、高等学校の生徒を対象とした相互評価表を用いる学習活動を取り入れた化学の授業が、「生徒の主体的な学びを引き出す」とともに、「学習意欲の向上に寄与する可能性」を報告している。また、小学校理科における後藤（2019）の研究では、相互評価を用いる指導法の開発と実践により、「予想する力や、実験の結果や考察をクリティカルに見る能力が高まる」ことを見出している。しかしながら、高等学校の理科で相互評価を学習活動に取り入れたことによる多面的な思考に関する学習効果についての研究は、管見の限りなかった。

つまり、他者との関わりの中で多面的思考が育成されることが期待され、その他者との関わりを実現させるために、「相互評価」が有効なのではないかと考える。しかし、「相互評価」は多面的な思考を促すための方策として研究されてきてはいない。すなわち、本研究では他者との関わりをもたせるために高等学校化学の授業で相互評価を取り入れ、生徒の多面的な思考を広げることを考える。

2. 目的

本研究では、高等学校化学の授業において、実験レポートの内容に対する生徒同士の相互評価活動を導入することで、生徒の多面的な思考が促さ

れることを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

前項で述べた目的を達成するために、以下に述べる方法を用いた。

ア 実験を取り入れた授業の振り返りの場面で、相互評価や自己評価を行う授業展開を検討・実施する。

イ 生徒の相互評価と自己評価の記述内容を分析する。

これらの詳細を以下に示す。

3.1 調査対象及び調査期間

東京都の文系と理系に分けていない高等学校 2 年生 4 学級 155 名（女子 77 名，男子 78 名）を対象として化学の授業を実施した。調査期間は平成 28 年 11 月～平成 29 年 3 月で，どの学級も同一の教員が指導を行った。

3.2 相互評価と自己評価の方法

吉田ら（2004）は相互評価で用いる評価シートに定量的な評価だけでなく，自由記述項目を入れることを提案している。これは，文字にすることによって，相手により具体的な内容を伝えることが可能となることを指摘している。

以上のことを踏まえ，本研究では，相互評価の他者からの記述を見て，自己の実験レポートの記述を見直し，より良い内容に書き直す過程を取り入れることから，文章による他者との対話が行われることをねらいとして記述による評価シートを作成した。

①相互評価（記入者	）
②自己評価	

図 1 評価シート

本研究での相互評価と自己評価の活動は，以下の①～④の過程に基づく。

① 実験の方法や結果，考察などを各自で実験レポートに記述する。

② 他者の実験レポートの内容を見て評価し，評価シートに記入する。

③ 被評価者である生徒は，実験レポートの内容の見直しを行う。

④ 自己の実験レポートの内容について自己評価を行い，その内容を評価シートに記述する。

他者の実験後の実験レポートの記述について評価を行うことにより，実は自己の振り返りを行い，自己の至らなさを謙虚に受け止め認識し，自己評価を行う際の評価軸となる。また，自己評価を記述する活動は，相互評価を行った後，多面的な視座を獲得したうえで学習活動の振り返りを行うことから，多面的な思考の広がりにつながると期待される。

3.3 単元の展開及び相互評価を導入した授業

実験後の結果と考察の記述における相互評価活動として，本研究では高等学校「化学」の「無機物質」（齋藤烈ほか，2012，pp.185-266）の単元で，授業を実践した。表 1 の実験 1～実験 4 までの授業で相互評価を導入した。

表 1 本研究で実践した授業

第 1 章 非金属元素と周期表		
第 1 節	周期表と元素の性質	
第 2 節	水素と希ガス	
第 3 節	ハロゲンとその化合物	実験 1
第 4 節	酸素・硫黄とその化合物	
第 5 節	窒素・リンとその化合物	
第 6 節	炭素・ケイ素とその化合物	
第 2 章 典型金属元素		
第 1 節	アルカリ金属とその化合物	実験 2
第 2 節	2 族元素とその化合物	
第 3 節	アルミニウム・亜鉛などとその化合物	
第 3 章 遷移元素		
第 1 節	遷移元素の特徴	実験 3
第 2 節	金属イオンの分離と確認	実験 4

各実験は 3 時間ずつを配当した。それぞれの実

験の概要は論文末の資料に示す。また、実験 1～4 の授業の流れを表 2 に示す。

表 2 実験 1～実験 4 における時間ごとの展開

1 時間目	○観察・実験の計画の立案 ・自ら考える課題の解決策を生徒が実験レポートに記入する。
2 時間目	○実験班での観察・実験の実施 ・観察・実験を実施する。 ・結果と考察を生徒が実験レポートに記入する。
3 時間目	○相互評価・自己評価の実施 ・相互評価を評価シートに記入する。 ・相互評価で指摘されたことを受けて、自己の実験レポートの結果や考察の記述を修正する。 ・自己評価を図 1 の評価シートに記入する。

3.4 分析の方法

本研究での相互評価や自己評価の記述の分析を行うことは、4 回の授業を実施する際に生徒へ知らせていない。したがって、相互評価や自己評価の記述を分析することで、生徒の現状や実態を明らかにすることができると考えられる。そこで、相互評価の記述、相互評価と自己評価の記述の関係性、生徒の自己評価の記述をそれぞれ分析した。

生徒の自己評価の記述については、多面的な思考が表出されているかどうかを分析した。その分析方法の詳細については、次項で述べる。

生徒の自己評価の記述については、次のような観点から分析した。本研究では、自己と他者の関わりによる多面的な思考に着目していることから、まず、生徒の記述を「自己に関する記述」、「他者との関わりに関する記述」、「多面的な思考に関する記述」に分類した。ここでの「多面的な思考とは、「1.研究の背景」で論じた「視点を変換したり、いろいろな側面から考えたりする思考」であり、何らかの視点の変換や、新たな視点の獲得などが見られる記述がこの分類に該当する。記述の分析にあたっては、さらに具体的な分析の観点が求められるが、4 回の実験の評価シートにおいて表出される「多面的な思考」を事前に具体的に想定することは困難である。そのため、生徒の記述を確

認したうえで、より具体的な分析の観点を設定し、分析を進めていくことにする。その内容については、次節以降で論じる。

4. 結果と考察

4.1 相互評価の記述の例

表 3 は図 1 の①における相互評価の生徒の記述の一部である。表 3 の例は、実験 1～4 の各実験レポートから抽出した異なる生徒の記述をまとめたものである。

表 3 相互評価の記述の例

実験	相互評価の記述
実験 1	色の描写が細かくて本当によく観察しているんだというのが伝わってきます。演示実験の観察なんて完ぺきなのでパクらせてください。
実験 2	求められていることに対し様々な観点から答えていると思いました。観察経過が詳しく書かれており素晴らしいと思いました。
実験 3	プリントの実験の結果が一見すると少し分かりづらいので改善した方が良いかもしれない。また、考察もう少しあるといいかも知れない。
実験 4	計画通りの実験できちんと分析できていて、考察や観察も詳しく書いてあると思います。

表 3 の実験 1 の例のように他者の考察記述を読んで、自己の実験レポートに取り入れようとする記述が見られた。これは他者の評価をしたことによって多面的な視座を獲得した例であると考えられる。

4.2 相互評価の記述と自己評価の関係性

表 4 は図 1 の①と②、つまり、相互評価の記述と、相互評価の被評価者の自己評価の例である。表 4 のように、相互評価を記述した生徒は、評価できる点や改善すべき点等について具体的に記述している。

実験 1 では相互評価での「反応を一言だけでなく二言くらいで表現すると良いな」を受けて自己評価で「もう少し詳しく考察や実験の様子をかけばよいと思った」、実験 2 では「もっと結果をくわしく書いていれば良かった」という相互評価を受けて自己評価で「全体を包括するようなレポ

ートが作れるとなおよいと思った」という、新たな視点への気づきや変換が見られた。これらは相互評価により他者に評価されたことを受け止めたことによって、多面的な視座を獲得されたことを表出させた記述であると考えられる。

表 4 相互評価と自己評価の例

実験	評価の分類	記述
実験 1	相互評価	しっかり観察できていて良かったです。反応を一言だけでなく二言くらいで表現すると良いなと思いました。
	自己評価	もう少し詳しく考察や実験の様子をあげばよいと思った。
実験 2	相互評価	全体的によかったと思うが、もっと結果をくわしく書いていれば良かった。
	自己評価	得られた実験結果の中から使いやすいものをピックアップして考察したので今回で言えば切断面の様子も考慮して全体を包括するようなレポートが作れるとなおよいと思った。
実験 3	相互評価	考察の欄外にまで多くのことが書かれていてすごいと思った。今回はしっかりと下調べをしていたが、それ故に調べていたものと違うものができたときに戸惑ってしまった。沈殿しているのか、どうか分かりにくかったのが反省点。考察が追いつかず、ただやっただけになってしまっている。
	自己評価	今回のしっかりと下調べをしていたが、それ故に調べていたものと違うものができたときに戸惑ってしまった。沈殿しているのか、どうか分かりにくかったのが反省点。考察が追いつかず、ただやっただけになってしまっている。
実験 4	相互評価	前回の反省を生かすことができている良かったと思う。
	自己評価	計画通り順調に進めることができた。色も自分の目で実際に見ることで、どんな色なのか、身近なものに例えて考察することができた。

4.3 自己評価の記述の分析

図 1 の評価シートの②自己評価における生徒の記述には、前述の「分析の方法」で示した三つの観点が表れていた。そこで、次のように具体的に観点を規定し、それぞれに該当する記述を抽出した。

I：自己の取組みに関する記述

II：他者との関わりを意識した記述

III：多面的な思考への広がりが見られた記述

この観点Ⅲについては、生徒の記述から、「新たな視点への気づきや変換」、「新たな取組みについての発想の広がり」、「自己の取組みの改善点の指摘」といった内容が見られた。なお、観点Ⅰの「自己の取組みに関する記述」は、観点Ⅲに含まれるような多面的な思考が直接的には読み取れず、単に自己の取組みに関する感想などが書かれている記述を抽出した。そして、それぞれの観点について記述した生徒の人数を集計した。

表 5 各実験の自己評価の例と該当する観点

	自己評価の例	観点
実験 1	今回も実験を間違えてしまいそうになり、時間がギリギリになってしまった。	I
	他の班の人とも結果や意見を交換できたことでより内容を深められた。	II
実験 2	図表やインターネットを利用し、アルカリ金属（リチウム、カリウム）の性質について調べたが、電気陰性度などを関連させて考察することができず深い理解につながらなかった。	III
	友だちと相互に意見の交換を行いたいと思う。	II
実験 3	もう少し詳しく実験結果を書きたいと思う。今回 A 1 st が上手いかず、思っていた結果にならなかったのがあり、もう一度機会があれば、方法と量を変え、試験管で量を増やして行いたいと思った。	I
	計画はきちんと立てることができて操作もスムーズだったのに、1 本何が入っているのかわからなかったのが悔しかった。出るはずのない結果が出てしまったのは、何らかの物質が試験管に残ってしまっていたのだと思う。こういう場合に対応できるよう何通りも実験方法を考えておくのが大事なんだと痛感した。	III

註：生徒の記述で前述の 3 つの観点到該当する箇所に下線を引き、それぞれ該当する観点を示した。

抽出の際には、理科教育研究者 3 名と授業担当者 1 名で、記述がどの観点到相当するかを確認した。表 5 に観点到ごとに分類した自己評価の事例を示す。なお、一つの実験に対しては、生徒一人の記述である。表 5 では、実験 1 の「時間がギリギリになってしまった」や、実験 3 の「もう少し詳

しく実験結果を書きたいと思う」, 実験4「1本何が入っているのかわからなかったのが悔しかった」という記述が見られる。これらは、観点Ⅰの「自己の取組みに関する記述」と判断した。

実験1の「他の班の人とも結果や意見を交換できた」というように自分の班だけでなく他の班の人ともレポートの内容を指摘し合うことについて記述している。実験2では「友だちと相互に意見の交換を行いたい」という記述が見られる。これらは、観点Ⅱの「他者との関わりを意識した記述」と判断した。実験2の「電気陰性度などを関連させて考察することができず」という記述は、既習事項と結果に見られた現象とを関連付けようとする視点が見出されたことから、「新たな視点への気づきや変換」が見られると判断した。

実験3の「もう一度機会があれば、方法と量を変え、試験管で量を増やして行いたい」は、自己の結果の記述を振り返り、うまくいかなかったことについて方法を変えて実験を行いたいという、新たな取組みについての発想の広がりが見られると判断した。

実験4の「出るはずのない結果が出てしまったのは、何らかの物質が試験管に残ってしまっていた」は、自己の取組みの改善点の指摘をしていると判断した。「こういう場合に対応できるよう何通りも実験方法を考えておくのが大事なんだな」という記述は、新たな視点への気づきや変換が見られることが推察されると判断した。以上はそれぞれ観点Ⅲに分類した。

表6 観点別の生徒の自己評価の例

観点	観点の概要	自己評価の例
I	自己の取組みに関する記述	<ul style="list-style-type: none"> ・全体的には自分でよく調べてまとめられたと思う。 ・ちゃんと理解はできていないので、授業で理解していこうと思う。 ・事前に理解が深かったらもっと実験を楽しめたかもしれない。 ・実験に対して真剣に向き合うことができた。 ・次回もっと手順良く終わらせられるようにしたいと思います。 ・積極的に実験に参加できました。
II	他者との関わりを意識した記述	<ul style="list-style-type: none"> ・実験を進めるうちに班のメンバーの皆にいろいろ教えてもらえたので納得できた。とてもためになった。次の実験もまた、協力して頑張りたい。 ・友だちと相互に意見の交換を行いたいと思う。 ・分からなくてすぐ人に聞くのではなく図表を見たりしながら自分で考えてみると発見があるなと思った。 ・すばやく終わらせ最後に記録を共有する時間も残っていたので良かったと思う。
III	多面的な思考への広がりが見られた記述	<ul style="list-style-type: none"> ・得られた実験結果の中から使いやすいものをピックアップして考察したので今回で言えば切断面の様子も考慮して全体を包括するようなレポートが作れるとなおよいと思った。 ・4通り（3通り）の分析方法を予め模索し、準備は万全のように思われたが、返って結果にこだわってしまい、判断に時間がかかってしまった。今後は予想通りにいかなかったときにすぐに対処できる能力を身に付けたい。 ・無機について断片的知識しかないため、今回の実験で得るべきであったことを後々につなげなければならないと思った。 ・化学反応式を書くことができる程分野に関して理解しなければならないと思った。 ・いつも化学反応式を省略したり、書くことを忘れてしまったり、また、考察では失敗やうまくいかなかった点の反省ばかり書いたりしているので、それを直したい。

表7 実験1から実験4の観点別の記述人数（人）（N=155）

観点	観点の概要	実験1	実験2	実験3	実験4
I	自己の取組みに関する記述	76	52	59	50
II	他者との関わりを意識した記述	16	6	14	20
III	多面的な思考への広がりが見られた記述	37	31	74	80

表 6 に観点Ⅰから観点Ⅲに分類した生徒の自己評価の例を示した。また、表 7 に実験 1 から実験 4 までの生徒の自己評価を 3 つの観点から抽出し、各観点を記述した人数をまとめた。その際、一人の記述の中に複数の観点が見られる場合は、それぞれの観点で集計した。

表 7 より、実験 1 から実験 4 と相互評価活動を繰り返し実施することによって、「新たな視点への気づきや変換」、「新たな取組みについての発想の広がり」、「自己の取組みの改善点の指摘」といった多面的な思考が見られる観点Ⅲの記述が増加傾向となっていることが明らかになった。生徒による相互評価活動を繰り返し実施することで、多面的な思考を記述した生徒の人数が増加する傾向がみられる。このことを統計的に裏付けるために、各実験と多面的な思考を記述した人数において χ^2 検定を行った。その結果、有意な関連がみられた($\chi^2(3) = 33.96, p < .01$)。したがって、相互評価活動を繰り返し実施することで多面的な思考の広がりが促されるといえる。

ここで、単元の進行に伴う一人の生徒の自己評価の記述の変化に着目し、ある 1 名の生徒の自己評価を追ってみる。

実験 1:「実験の記録は頑張ったので評価が良くて悲しかった。次は記録と考察も自分で頑張ろうと思いました。・・・観点Ⅰ」

実験 2:「実験結果の理由が自分で考えてもよく分からなかったので、もう少しで調べられるようにしたい・・・観点Ⅲ」

実験 3:「色の識別や表記の仕方が非常に難しかった。また、他の液体が混ざったりしてしまったせいか、本来観察されるべき色にならなかったことも、2, 3 度あったが今回はしっかり予習をし、てきぱきと実験ができたので 2 回目の実験をやったりもした・・・観点Ⅲ」

実験 4:「実験計画を立てる時はあまり役に立てませんでしたが、実際に実験をするときは手際よく早く終わらせられたのでよかったです。・・・観点Ⅱ」

このように、自己の取組みに関する記述から多面的な思考の広がりが見られる記述への変容が見られる。また、実験 4 では他者との関わりを意識した記述も見られた。

さらに、4 回の実験における、一人の生徒の自己評価の記述においても、他者との関わりへの認識が明示されることが明らかになった。そして、相互評価活動を繰り返し実施することによって、「新たな視点への気づきや変換」、「新たな取組みについての発想の広がり」、「自己の取組みの改善点の指摘」といった多面的な思考が促されることが明らかになった。

5. 本研究のまとめと今後の課題

本研究では、高等学校理科の授業において、生徒同士の相互評価活動を導入することで、生徒の多面的な思考が促されることを明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために高等学校化学の授業において実験レポートの内容に対する相互評価と自己評価を導入した。その結果、生徒の自己評価の記述内容から、他者との関わりへの認識が明示されることが明らかになった。そして、相互評価活動を繰り返し実施することによって、「新たな視点への気づきや変換」、「新たな取組みについての発想の広がり」、「自己の取組みの改善点の指摘」といった多面的な思考が促されることが明らかになった。

最後に、本研究の課題は、生徒の実験レポートの記述を詳細に分析して、相互評価が生徒の多面的な思考の広がりにもどのように影響するのかを、さらに詳細に分析する必要があると考える。

引用文献

- ベネッセ教育総合研究所 (2016)「第 6 回学習指導基本調査 DATA BOOK (高校版)」pp.14-17.
<https://berd.benesse.jp/shotouchutou/research/detail1.php?id=5080> (2019 年 7 月 21 日閲覧)
 藤原康宏・大西仁・加藤浩 (2007)「学習者間の相互評価に関する研究の動向と課題」『メディア教育研究』4(1), pp.77-85.

- 後藤勝洋 (2019) 「理科におけるクリティカル・シンキング能力を育成するための指導法に関する研究－児童が作成した情報の信頼度表を基に相互評価する活動を通して－」『理科教育学研究』 59(3), pp.357-366.
- 飯田寛志・後藤顕一 (2015) 「高等学校における相互評価表を用いた理科授業の実践とその検討－学習への取組意識の高まりに着目して－」『理科教育学研究』 56(3), pp.285-297.
- 角屋重樹 (2013) 「自然科学と理科は何が違うか」『なぜ、理科を教えるのか - 理科教育がわかる教科書 - 』 pp.19-34, 文溪堂.
- 角屋重樹・稲田結美・雲財寛 (2018) 「理科教育特論－教科教育における成立基盤, 本質, 学習指導－」『日本体育大学大学院教育学研究科紀要』 2(1), pp.45-54.
- 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会教育課程企画特別部会 (2015) 「高等学校の教育課程等に関連する資料 (データ集)」, p.32 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryo/_icsFiles/afiedfile/2015/06/05/1358302_03_01_01.pdf#search (2019 年 7 月 21 日閲覧) .
- 中央教育審議会 (2015) 第 101 回配布資料 2-1. 教育課程企画特別部会論点整理, p.18 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/_icsFiles/afiedfile/2015/09/29/1362371_2_1_1.pdf (2019 年 7 月 21 日閲覧) .
- 齋藤烈・藤嶋昭・山本隆一ほか (2012) 高等学校検定教科書『化学』 pp. 185-266, 新興出版社啓林館.
- 高見健太・木下博義 (2017) 「他者との関わりを通じて批判的思考を働かせるための理科学習指導法の開発と評価－中学校理科「化学変化」の単元における授業実践を通して－」『理科教育学研究』 58(1), pp.27-40.
- 吉田宏史・高橋岳之・竹田尚彦 (2004) 「自由記述を重視した成果物相互評価システム」『情報処理学会シンポジウム論文集』 pp.159-162.

資料：実験 1～実験 4 の概要

実験 1 ハロゲンとハロゲンの化合物

目標 実験・観察をととしてハロゲンとハロゲンの化合物の反応について説明する。

附表 1 実験 1 の流れ

1 塩素の製法と性質	(1)塩素の生成 (2)塩素の漂白作用
2 ハロゲンの反応性 探究の過程での位置付けは①実験計画の立案②観察・実験の実施	(1)KI 水溶液, KBr 水溶液, KCl 水溶液と塩素との反応 【探究課題】 KI の後半の反応で生成した物質をどのように確認できるか。
3 ヨウ素の性質と反応	(1)ヨウ素の水への溶解性 (2)KI 水溶液, ヘキササン, チオ硫酸ナトリウム水溶液との反応
4 ハロゲン化銀の溶解性	(1)硝酸銀水溶液と KI, KBr, KCl の水溶液との反応 (2)硝酸銀水溶液と水道水の反応

実験 2 アルカリ金属の性質

目標 アルカリ金属の性質から 2 種類の金属を科学捜査する。

附表 2 実験 2 の流れ

1 水との反応性 探究の過程での位置付けは①考察・推論	(1)切断面の様子 (2)水との反応の様子 (3)水との反応で発生した気体に点火する検出反応のようすの比較 【探究課題】 水との反応後に発生した水素に点火した時の反応の強さが $\text{Li} > \text{Na} > \text{K}$ となった理由について考察し、説明しなさい。 (4)フェノールフタレイン溶液との反応
2 炎色反応の比較	$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Cu}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}$ 及びブランクである Mg^{2+} を含む水溶液

実験 3 金属イオンの性質

目標 11 種類の水溶液に含まれる金属イオンの性質を特徴付ける化学変化を確認し、陽イオン分析に必要な知識と技術を身に付ける。

附表 3 実験 3 の流れ

1 水酸化ナトリウム水溶液との反応	$\text{Ag}^+, \text{Al}^{3+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{K}^+, \text{Ba}^{2+}$ 以上の金属イオンを含むそれぞれの水溶液について 1～5 の実験操作を行う。 【探究課題】 硫化水素水との反応で、沈殿を生じなかった溶液に、 $6\text{M}-\text{NaOH}$ を 1 滴ずつ加え、アルカリ性にしたときに沈殿することから金属イオンの反応性について分類しなさい。
2 アンモニア水との反応	
3 硫化水素との反応 探究の過程での位置付けは③結果の処理	
4 鉄(Ⅱ)イオンと鉄(Ⅲ)イオンの反応性	
5 炎色反応	

実験 4 陽イオンの分析

目標 3 種類の水溶液に含まれる金属イオンが何か、適切な方法で分析し、同定する。

附表 4 実験 4 の流れ【探究課題】

① 実験計画の立案	$\text{Ag}^+, \text{Al}^{3+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{K}^+, \text{Ba}^{2+}$ 以上の中から 3 つの金属イオンを含むそれぞれの水溶液について分析と同定を行う。 【探究課題】 未知の 3 種類の水溶液に含まれる金属イオンが何か、適切な方法で分析し、同定する。
② 観察・実験の実施	
③ 結果の処理	
④ 考察・推論	
⑤ 表現・伝達	